

НАБЛЮДЕНИЕ АВТОБЛОКИРОВКИ (C+A)- ДИСЛОКАЦИЙ (Mg, Ma-8)

Власова А.М., Гринберг Б.А., Антонова О.В., Плотников А.В.

Руководитель – д.ф.-м.н., проф. Гринберг Б.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Ордена
Трудового Красного Знамени Институт физики металлов Уральского
отделения Российской академии наук, г. Екатеринбург
alisa-12005@yandex.ru

В качестве объекта исследования использовались <0001> монокристаллы Mg, поликристаллы магния, а также поликристаллы сплава Ma-8. Деформацию монокристаллов осуществляли осадкой на величину 1.5–2.0% со скоростью ~0.3 мм/мин при температуре $t = 150^{\circ}\text{C}$. Затем, когда нагрузка была снята, проводилось медленное охлаждение (с печью) в течение ~1 ч. Как показано в [1,2], такая обработка (“медленный спуск”) эквивалентна нагреву без нагрузки. Деформацию поликристалла осуществляли сжатием при комнатной температуре на 20%. Отжиг производился при 350°C в течение 2 ч. Фольги готовились химической полировкой (электролит - 20% раствор HNO_3 в спирте) и электрохимической полировкой (электролит - 20% раствор HClO_4 в спирте).

Дислокационную структуру изучали методами электронной просвечивающей микроскопии. Идентификация дислокаций проводилась методом *gb*-анализа. Фольги для электронно-микроскопических исследований были приготовлены из образцов, вырезанных параллельно базисной плоскости (для монокристаллов).

Ранее [5] было показано, что пластическая деформация *c*-монокристалла осуществляется пирамидальными системами скольжения II рода с векторами Бюргерса (*c+a*). При температурах ниже 270 К и выше 375 К наблюдаются криволинейные дислокации. В области аномального хода $\sigma_y(T)$ наблюдаются большие петли в плоскости пирамиды II рода с вытянутыми прямолинейными краевыми сегментами.

После деформации при 150°C наблюдается дислокационная структура, которую удастся зафиксировать благодаря быстрому охлаждению (в воде). Именно эта дислокационная структура, состоящая из криволинейных дислокаций, является исходной для последующих экспериментов. В результате медленного охлаждения предварительно деформированного монокристалла произошло радикальное изменение дислокационной структуры – наблюдаются прямолинейные дислокационные сегменты. Поскольку медленное охлаждение проводится без нагрузки, то дислокационные источники не работают и наблюдаемые изменения испытывают исходные дислокации [3, 4].

На рис. 2а приведена микрофотография дислокационной структуры, наблюдаемой после деформации монокристалла, ось которого не совпадает с осью c . Отклонение оси монокристалла от оси c не превышает 2° . Даже такого отклонения оказалось достаточно, чтобы включилось базисное скольжение. Отчетливо видна петля a -дислокации в плоскости базиса.

На рис. 2б приведена микрофотография дислокационной структуры, наблюдаемой после деформации монокристалла с осью, близкой к оси c . Именно эта дислокационная структура, состоящая из криволинейных дислокаций, является исходной для последующих экспериментов. Отчетливо видна петля $(c+a)$ -дислокации в плоскости пирамиды II.

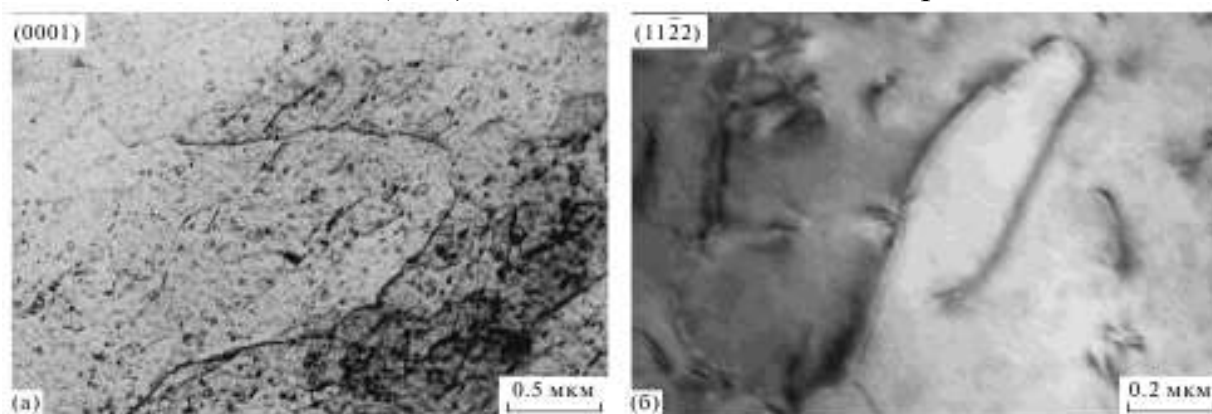


Рис. 1 Дислокационная структура Mg после деформации при 150°C и быстрого охлаждения: а – базисное скольжение, б – пирамидальное скольжение II.

Обратим внимание на некоторую противоречивость результатов ТЭМ наблюдений, приведенных в [5, 6]. Как говорилось выше, заблокированные дислокации при динамическом нагружении наблюдаются в области аномального температурного хода. Действительно, в [5] только в этом интервале наблюдалось вытягивание $(c+a)$ -дислокаций вдоль направлений в монокристаллах магния. Но в [6] для сплава Mg – 7.0 ат. % Li вытягивание $(c+a)$ -дислокаций наблюдалось после деформации при 473 K, т.е. заведомо выше температуры пика $\sigma_y(T)$, равной примерно 373 K. Если предположить, что после деформации происходило медленное охлаждение, то вытягивание дислокаций стало результатом автоблокировки, $(c+a)$ -дислокации (сразу после деформации) были криволинейными. Для того чтобы зафиксировать их в такой форме, охлаждение должно быть быстрым. В противном случае дислокации успевают стать прямолинейными. Это является следствием легкой (по сравнению с интерметаллидами типа Ni_3Al) блокировки дислокаций, о чем свидетельствует низкая температура пика предела текучести в магнии и соответственно низкая температура, при которой начинается аномальный ход $\sigma_y(T)$.

Список литературы

1. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Антонова О.В., Кругликов Н.А., Плотников А.В., Власова А.М., Соловьева Ю.В. Автоблокировка дислокаций в интерметаллиде Ni_3Ge : кубическое скольжение. Физика металлов и металловедение, 2011, том 111, № 4, с. 402–412.
2. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Антонова О.В., Кругликов Н.А., Плотников А.В., Власова А.М., Соловьева Ю.В. Автоблокировка дислокаций в интерметаллиде Ni_3Ge : реконструкция двухдолинного потенциального рельефа. Физика металлов и металловедение, 2011, том 112, № 2, с. 215-224.
3. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Антонова О.В., Власова А.М., Кругликов Н.А., Плотников А.В. Обнаружение автоблокировки (с+а)-дислокаций в магнии. Известия ВУЗов. Физика. 2011, Том 54, №8, с. 58-64.
4. Гринберг Б.А., Иванов М.А., Антонова О.В., Власова А.М. «Первое наблюдение в чистом металле блокировки дислокаций без помощи внешнего напряжения». Кристаллография. Том 57, № 4, 2012, с. 603-610.
5. Stohr J.F., Poirier J.P. // Phil. Mag. 1972. V. 25. P. 1313
6. Ando S., Harada N., Tsushida M. et al. // Key Eng. Mater. 2007. V. 345–346. P. 101.